



1 Тихоокеанская география. 2024. № ... С.

2 Pacific Geography. 2024;(...):.....

3

4 Научная статья

5 УДК 556.531+556.16+556.114

6 Doi _____

7

8 **Гидролого-гидрохимическая характеристика малых рек** 9 **города Владивостока, Тихоокеанский регион России**

10 **Владимир Владимирович ШАМОВ¹, Светлана Григорьевна**
11 **ЮРЧЕНКО², Анна Геннадьевна БОЛДЕСКУЛ³, Татьяна**
12 **Николаевна ЛУЦЕНКО⁴, Сергей Юрьевич ЛУПАКОВ⁵, Татьяна**
13 **Сергеевна ВШИВКОВА⁶, Татьяна Владимировна НИКУЛИНА⁷**

14 ¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

15 1 vlshamov@yandex.ru , <https://orcid.org/0000-0001-9310-1836>

16 2 yurchenko@tigdvo.ru , <https://orcid.org/0000-0003-2008-1103>

17 3 boldeskul@tigdvo.ru , <https://orcid.org/0000-0001-9014-2405>

18 4 luts@tigdvo.ru , <https://orcid.org/0000-0002-5433-8248>

19 5 rbir@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0002-5804-2604>

20 ²ФНИЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток,

21 Россия

22 ³Владивостокский государственный университет, Владивосток, Россия

23 6 sekretar-oes-tv@yandex.ru , <https://orcid.org/0000-0001-5246-6214>

24 7 nikulinatv@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0003-4520-5731>

25 **Аннотация.** В настоящее время воздействие урбанизации на процессы
26 стокоформирования, качество воды и водную биоту в малых реках городов
27 Тихоокеанской России остается малоизученным в силу одновременности,
28 разнонаправленности, неоднозначности и сложности этого воздействия. В статье
29 рассматриваются преимущественно гидрологические и гидрохимические аспекты
30 современного геоэкологического состояния пяти постоянных рек, водосборы
31 которых расположены в пределах Владивостокской городской агломерации и имеют
32 различную длительность освоения, связанную с историей города. Были использованы
33 данные наблюдений по растворённому веществу, полученные в верховьях и устьях
34 пяти рек в предзимний период (конец октября) 2022 г. Выявлено, что соотношение
35 основных растворённых веществ в городских реках заметно изменяется от
36 сравнительно мало затронутых урбанизацией верховьев к их устьевым участкам.
37 Концентрация нитритов, фосфора, металлов (Fe, Cu, Zn, Mn, Ni, Cd, Pb) в реках,
38 дренирующих урбанизированную территорию, значительно (до нескольких раз)
39 превышает соответствующие концентрации в воде "условно чистых" верховьев
40 городских рек. Превышение ПДК (для объектов рыбохозяйственного значения) по Cu
41 в низовьях рек Первая и Вторая Речки составило 1.5 и 4 ПДК, соответственно.
42 Выявлено превышение ПДК по Mn в низовьях рек Седанка, Вторая Речка, Черная
43 Речка и Первая Речка на уровне 2 ПДК, 3 ПДК, 10 ПДК и 16 ПДК. На основании
44 сравнения с данными прошлых лет подтверждён вывод о загрязнении речных вод и о

45 существенном влиянии урбанизации на городские реки.

46 **Ключевые слова:** река; гидрология; гидрохимия; урбанизация; Владивосток

47 Для цитирования: Шамов В.В., Юрченко С.Г., Болдескул А.Г., Луценко Т.Н.,
48 Лупаков С.Ю., Вшивкова Т.С., Никулина Т.В. Гидролого-гидрохимическая
49 характеристика малых рек города Владивостока, Тихоокеанский регион России //
50 Тихоокеанская география. 2024. № С. <https://doi.org/>.

51

52 Original article

53 **Hydrological and hydrochemical characteristics of small** 54 **rivers of the Vladivostok city, Pacific Region of Russia**

55 **Vladimir SHAMOV¹, Svetlana YURCHENKO², Anna BOLDESKUL³,**
56 **Tatyana LUTSENKO⁴, Sergey LUPAKOV⁵, Tatyana VSHIVKOVA¹,**
57 **Tatyana NIKULINA²**

58 ¹Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

59 1 vlshamov@yandex.ru , <https://orcid.org/0000-0001-9310-1836>

60 2 yurchenko@tigdvo.ru , <https://orcid.org/0000-0003-2008-1103>

61 3 boldeskul@tigdvo.ru , <https://orcid.org/0000-0001-9014-2405>

62 4 luts@tigdvo.ru , <https://orcid.org/0000-0002-5433-8248>

63 5 rbir@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0002-5804-2604>

64 ²Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Vladivostok,
65 Russia

66 6 sekretar-oes-tv@yandex.ru , <https://orcid.org/0000-0001-5246-6214>

67 7 nikulintv@mail.ru , <https://orcid.org/0000-0003-4520-5731>

68 **Abstract.** At present, the impact of urbanization on flow generation processes, water
69 quality and aquatic biota in small rivers of Pacific Russian cities remains poorly understood
70 due to the multi-temporal, multi-directional, ambiguous and complex nature of these
71 impacts. The paper deals mainly with hydrological and hydrochemical aspects of the
72 current geo-ecological state of the five largest perennial rivers, whose catchment areas are
73 located within the urban agglomeration of the Vladivostok city and have different periods
74 of areal development related to the history of the metropolis. Dissolved matter monitoring
75 data obtained in the headwaters and near-mouth of the five rivers in the pre-winter period
76 (late October) of 2022 were used. It was found that the ratio of major dissolved substances
77 in the urban rivers studied changes significantly from the headwaters, which are relatively
78 unaffected by urbanization, to their estuaries. The concentration of nitrites, phosphorus and
79 various metals such as Fe, Cu, Zn, Mn, Ni, Cd, Pb in the water of the rivers draining the
80 urbanized area is significantly (up to several times) higher than the corresponding
81 concentrations in the water of the "conditionally clean" upper reaches of the rivers studied.
82 The exceedance of the Maximum Allowable Concentration (MAC) that were established
83 for objects of fisheries importance for Cu in the lower reaches of the Pervaya Rechka R.
84 and the Vtoraya Rechka R. was 1.5 and 4 MPC, respectively. Exceedances of the MPC for
85 Mn in the lower reaches of the Sedanka, Vtoraya Rechka, Chernaya Rechka and Pervaya
86 Rechka rivers were found to be 2 MAC, 3 MAC, 10 MAC and 16 MAC, respectively.
87 Based on the comparison with the data collected in 1999–2011, conclusions were drawn
88 about the pollution of urban rivers and the significant and complicated impact of

89 urbanization on the rivers draining the territory of the Vladivostok city.

90 **Keywords:** river, hydrology, hydrochemistry, urbanization, Vladivostok city

91 For citation: Vladimir Shamov, Svetlana Yurchenko, Anna Boldeskul, Tatyana Lutsenko,
92 Sergey Lupakov, Tatyana Vshivkova, Tatyana Nikulina. Hydrological and hydrochemical
93 characteristics of small rivers of the Vladivostok city, Pacific Region of Russia // Pacific
94 Geography. 2024_(...):..... (In Russ.). <https://doi.org/.....>

95 **Введение**

96 По мере роста городов и городских агломераций влияние урбанизации на
97 состояние речных экосистем привлекает все большее внимание учёных,
98 общественности, муниципальных органов власти, ответственных за экологическое
99 состояние городских территорий [1–3]. Систематическое комплексное изучение
100 воздействия города на речные системы, на гидрологические, гидрохимические и
101 гидробиологические характеристики воды, русловые и эрозионно-аккумулятивные
102 процессы, водный баланс речных бассейнов, условий стокоформирования в них – всё
103 это имеет большое значение для понимания общей экологической ситуации и
104 закономерностей развития и функционирования речных экосистем в пределах
105 городских территорий [4–7]. Кроме того, это может быть основой для разработки
106 эффективных мер в области восстановления и сохранения таких водотоков – важных
107 компонентов городской среды. С каждым годом в мире появляется все больше
108 положительных примеров восстановления городских ручьев и рек, накапливается
109 богатый опыт в этой области; особую ценность представляют результаты,
110 полученные в ходе региональных тематических исследований [8–10]. Проблема
111 деградации городских водных объектов, проявляющаяся в ухудшении их
112 физического, химического и биологического состояния, получила общее название
113 «синдром городских водотоков» [1, 7] и активно исследуется за рубежом [5–7], при
114 этом в России такие исследования пока не получили должного развития [11–13].
115 Дальний Восток России в этом плане слабо изучен [4, 14–16].

116 Проблемы сокращения биоразнообразия и деградации речных экосистем
117 урбанизированных территорий Тихоокеанской России сегодня требуют
118 немедленного решения [17, 18]. Однако на сегодняшний день влияние урбанизации
119 на русловые процессы, химический состав воды и водную биоту рек зоны
120 муссонного климата ещё недостаточно изучено. Методы и критерии оценки качества
121 воды по многим (химическим, микробиологическим и гидробиологическим)
122 показателям не адаптированы к региональным особенностям, что приводит к
123 противоречивым результатам оценок качества воды в комплексных исследованиях
124 [17, 18].

125 С целью современной комплексной геоэкологической оценки влияния
126 урбанизации на реки Владивостока авторами во время осенней межени 2022 года
127 было проведено гидролого-гидрохимическое экспресс-обследование наиболее
128 крупных из них.

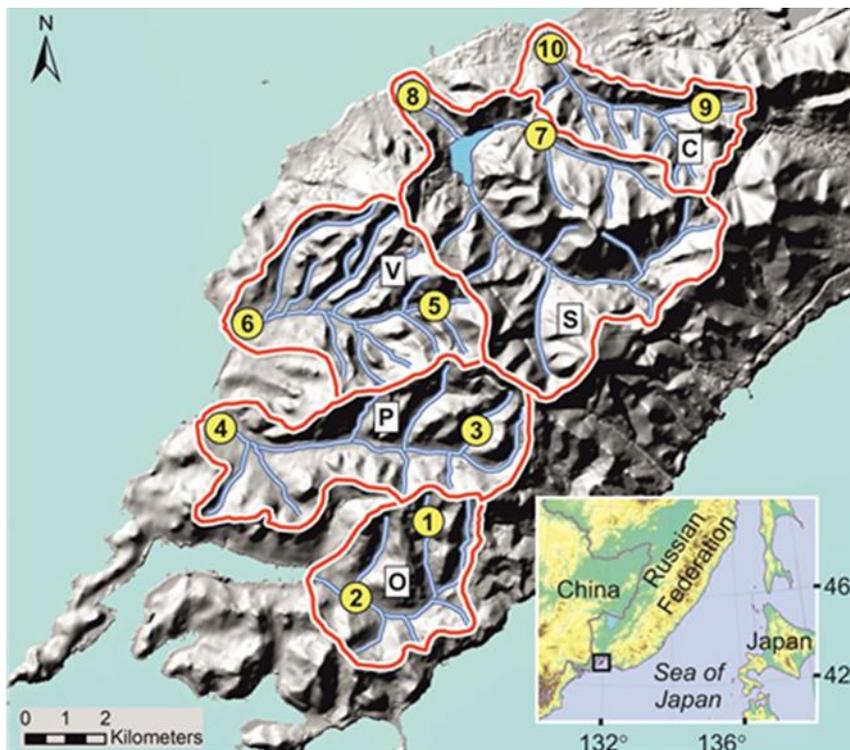
129 **Объекты исследования**

130 Территория, расположенная в пределах муниципальных границ Владивостока,
131 относится к наиболее преобразованному человеком в Приморском крае. В качестве
132 модельных участков были выбраны пять малых рек, расположенных в зонах с
133 разным уровнем и характером воздействия: водосборы рек Объяснения, Первая Речка
134 и Вторая Речка почти полностью преобразованы городской застройкой различного
135 возраста; реки – Седанка и Чёрная Речка имеют существенное воздействие только в
136 низовьях.

137 Исследуемый район относится к Южно-Приморской горно-долинной провинции
138 Сихотэ-Алиньской физико-географической области; здесь преобладают низкие и

139 средневисотные горы с отметками абсолютных высот от 70–90 до 430 м. Полуостров
140 Муравьева-Амурского сложен преимущественно горными породами
141 верхнепалеозойского возраста – алевритами, песчаниками, аргиллитами,
142 андезитами, туфами [19]. Долины рек, дренирующих эту территорию, расположены в
143 диапазоне высот 50–150 м, имеют ширину в верхней части 3–5 км, в нижней части
144 1–2 км, подстилаются скальными трещиноватыми породами, перекрытыми
145 маломощным суглинистым элювием. Почвы преимущественно бурые горные лесные
146 с разной степенью оподзоленности и оглеенности. Мощность гумусового горизонта
147 не превышает 20 см. Район относится к зоне хвойно-широколиственных лесов [19].

148 Южная часть полуострова и побережье вдоль Амурского залива на всем
149 протяжении и в глубь от береговой линии на 3–5 км практически полностью
150 застроены жилыми и нежилыми строениями, предприятиями, промышленными и
151 строительными площадками, рекреационными объектами, дорогами и т. д. Рельеф,
152 флора и фауна этой территории претерпели значительные изменения в результате
153 многолетней и постоянно расширяющейся хозяйственной деятельности. В северной
154 части полуострова и на склонах, обращенных к Уссурийскому заливу, остаются
155 ландшафты, сохранившие свой первоначальный облик [4]. Исследуемые реки
156 относятся к категории малых горных рек: первого-второго порядка в верховьях и
157 третьего-четвёртого – в устьевой зоне. Схема расположения исследуемых речных
158 бассейнов с указанием пунктов отбора проб приведена на рис. 1.



159 **Рис. 1.** Схема района исследования с выделенными водосборами и местами отбора проб: О – р.
160 Объяснения, П – р. Первая Речка, V – р. Вторая Речка, S – р. Седанка, C – р. Черная Речка; 1, 3, 5, 7, 9
161 – верхние пункты отбора проб; 2, 4, 6, 8, 10 – нижние пункты отбора проб.
162 **Fig. 1.** A scheme of the study area with identified catchments and sampling locations: O – the
163 Pervaya Rechka R., V – the Vtoraya Rechka R., S – the Sedanka R.; 1, 3, 5, 7, 9 – the upper sites of water sampling; 2, 4, 6,
164 8, 10 – the lower sites of water sampling.

165
166 Некоторые морфометрические характеристики рек и их водосборов приведены в
167 табл. 1.

168
169

Морфометрические характеристики изученных рек и их водосборов.
Table 1. Morphometric characteristics of the studied rivers and their watersheds.

Название реки	Площадь водосбора, км ²	Общая длина русловой сети, км	Средняя высота водосбора, м н.у.м.	Наибольшая высота главного водораздела, м н.у.м.
Объяснения	13.3	14.9	84	252
Первая Речка	22.1	22.2	125	412
Вторая Речка	20.5	29.6	127	425
Седанка	37.1	38.4	177	454
Черная Речка	11.4	14.1	130	344

Река Объяснения стекает с западных склонов Центрального хребта и впадает в бухту Золотой Рог. Русло реки узкое, преимущественно овражное, сложено песчано-галечными отложениями. Долина реки пойменная. Пойма затопливается во время паводков редкой повторяемости. Склоны долины сложены скальными породами, перекрытыми суглинистым элювием. Наблюдающаяся во время ливневых дождей деформация русел и долин истоков данной реки обусловлена густой сетью дорог, троп, инженерных коммуникаций. Верховья реки подвержены интенсивной городской застройке. В приводораздельной части долины расположена давно построенная большая стоянка автотранспорта, что может влиять на качество грунтовых и поверхностных вод в верховьях реки. В низовьях реки на большом протяжении русло искусственно спрямлено и обрамлено бетонными плитами. В месте отбора проб О-2 отмечены выпуски городской ливневой канализации и морская вода, поступающая из системы охлаждения Владивостокской ТЭЦ-2 и служащая местообитанием множества толерантных организмов морской фауны — актиний, прибрежных крабов, двустворчатых моллюсков; пресноводная фауна отмечается крайне редко.

Река Первая Речка берет начало в горах с наивысшей отметкой 426.7 м над у.м., течёт в южной части полуострова Муравьева-Амурского с востока на запад и впадает в Амурский залив Японского моря. Почти весь водосбор реки, за исключением небольшой верхней части, занят плотной городской застройкой, появившейся в начале XX в. Берега крутые, высотой до 1 м, сложены легкоразмываемыми суглинками с высоким содержанием (до 40%) песка, гальки, гравия. Верховья покрыты реликтовым черно-пихтовым лесом, мало затронутым человеческой деятельностью. Верхний пункт отбора проб расположен выше индивидуальных домохозяйств, здесь отмечена редкая сеть грунтовых дорог и троп. Пункт отбора проб в приустьевой части ручья расположен вблизи железнодорожных путей, рядом с руслом реки имеется автостоянка.

Река Вторая Речка берет начало на высокогорье с наибольшей отметкой 431 м над у.м., протекает через центральную часть полуострова Муравьева-Амурского с востока на запад и впадает в Амурский залив Японского моря. Река является одной из крупнейших среди рек полуострова. Большая часть водосбора, за исключением самых верховьев реки, полностью занята многоэтажной городской застройкой. Русло реки слаборазветвленное, местами пересечено железнодорожными и автомобильными мостами, пешеходными и трубопроводными переходами, почти на всем протяжении обрамлено железобетонными плитами и лотками с высокими (3–4 м) вертикальными стенками. На устьевом участке длиной 0,6 км и в верховьях река течёт в относительно естественных условиях. В верховьях русло выражено слабо, сложено крупными слабоокатанными валунами и галькой; долина узкая, V-образная, с крутыми склонами, заросшими лесом, в составе которого граб, ясень, ильм, клён, берёза, элеутерококк и др. Дно реки песчано-галечное с примесью гравия, на большом протяжении в пределах городской застройки оно засорено бытовыми отходами.

Река Седанка — одна из крупнейших рек на территории Владивостока и самая крупная из рассматриваемых рек (табл. 1). Она вытекает из водохранилища Пионерского (площадь зеркала 0.84 км²) и впадает в Амурский залив. Реки Большая и Малая Пионерская питают водохранилище. Бассейн разделяется на относительно

219 естественную верхнюю часть и преобразованную нижнюю часть, включающую
220 Пионерское водохранилище и расположенный ниже его устьевой участок, давно
221 освоенный под индивидуальные домовладения и иные виды застройки. На
222 сегодняшний день кедрово-широколиственный лес на склонах Центрального хребта
223 остался слабо затронутым человеком, поскольку до 1990-х годов вход в
224 водохранную зону водохранилища был запрещен. В течение последних 30 лет
225 данная территория испытывала большую рекреационную нагрузку. Она изрезана
226 сетью грунтовых дорог, линий электропередач, троп, трасс для внедорожной
227 автотехники. С начала XXI в. водосбор реки осваивается под индивидуальное
228 жилищное строительство (ИЖС), что сопровождается частичным уничтожением
229 естественного почвенно-растительного покрова. Отмечены несколько мест сброса
230 городских сточных вод непосредственно в реку.

231 **Река Черная Речка** — наименьшая из рассматриваемых рек. В наиболее
232 высоких и крутых частях склонов долины сохраняется естественный растительный
233 покров (преимущественно хвойно-широколиственный лес). В русле реки отмечено
234 обрастание гальки зелеными водорослями. С начала 1990-х гг. долина реки
235 интенсивно осваивается под ИЖС, покрывается сетью дорог и линий электропередач,
236 в верхней части долину реки пересекает широкая трасса магистрального газопровода
237 и практикуется внедорожный автомобильный спорт. Почвенно-растительный покров,
238 морфология склонов и днища долины существенно преобразованы даже в истоках
239 реки, где русло реки практически не выработано, благодаря чему практически на
240 всем протяжении реки активизируются эрозионные процессы, наблюдается размыв
241 делювиальных и делюво-аллювиальных отложений, вынос суглинистого материала
242 вниз по течению. В нижней части водосбора в результате городского строительства
243 река засорена твердыми бытовыми отходами. В низовьях реки в русле отмечается
244 развитие альгобактериальной слизи на каменистых субстратах, а также наличие
245 масляных пятен, от речной воды исходит сильный гнилостный запах.

246 Таким образом, реки Объяснения, Первая и Вторая Речки почти на всем
247 протяжении представляют собой коллекторы городских сточных вод различного
248 происхождения. Седанка и Черная Речка находятся в историческом пригороде с
249 относительно низкой плотностью населения и застройки, ландшафтные условия в их
250 верховьях близки к естественным, средние и нижние части водосборов подвержены
251 умеренному антропогенному воздействию.

252 **Методы исследования**

253 В период с 20 по 27 октября 2022 года на каждой из пяти вышеназванных рек
254 было обследовано по два участка (рис. 1, табл. 2) с одновременным отбором пробы
255 воды, измерением скорости, ширины и глубины потока (с помощью расходомера
256 SEBA FlowSense, Германия). Для каждого участка был рассчитан расход воды.
257 Температуру воды, pH и удельную электропроводность (УЭП) измеряли с помощью
258 портативного мультимонитора EC/TDS/pH/Temp НМ-200, Республика Корея.
259 Определение концентрации растворенного кислорода в воде выполнялось с помощью
260 мультипараметрической системы YSI Professional Plus, США.

261 Химический анализ проб воды проводился в ЦКП ЦЛЭДГИС ТИГ ДВО РАН.
262 Пробы фильтровали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм. Фильтры
263 сушили и доводили до постоянного веса, после фильтрации и повторного
264 взвешивания рассчитывали содержание взвешенных веществ (ВВ) в воде. В данной
265 работе рассмотрен состав только растворимой фракции. Для определения Cl⁻, NO₃⁻,
266 NO₂⁻, SO₄²⁻ применяли ионную хроматографию (LC-10, Япония); общий
267 растворенный фосфор (TDP) определяли спектрофотометрически (UNICO 1201,
268 Россия); макрокатионы Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ и микроэлементы Fe, Mn, Ni, Zn, Cu, Cd,
269 Pb анализировали на атомно-абсорбционном спектрофотометре (AA-7000, Япония).
270 Щелочность HCO₃⁻ и pH определяли на pH-метре Mettler Toledo, Китай.
271 Растворенный органический углерод (POУ) в фильтрате определяли методом
272 термokatалитического окисления на анализаторе TOC-VCPN, Япония.

273 Концентрирование растворенных соединений тяжелых металлов выполнено
274 экстракцией в системе хлороформ – диэтилдитиокарбаминат натрия [20].

275 **Результаты и их обсуждение**

276 Систематические гидролого-геохимические наблюдения (мониторинг)
277 изучаемых рек в настоящее время никем не осуществляется. Гидрологические
278 характеристики рассчитаны согласно рекомендациям по оценке гидрологических
279 характеристик неизученных рек [21].

280 Река Объяснения условно разделена на два основных участка – выше
281 Владивостокской ТЭЦ-2 и ниже нее. Режим реки на нижнем участке полностью
282 преобразован работой ТЭЦ-2, в систему охлаждения которой подается морская вода,
283 напрямую сбрасываемая в русло реки, за счет чего водность потока здесь меняется во
284 времени незначительно. Расчетный средний многолетний расход воды в устье реки
285 составляет 0.026 м³/с; минимальный расход воды 95%-й обеспеченности составляет
286 0.012 м³/с. Максимальные расходы воды обеспеченности 1% и 10% составляют,
287 соответственно, 85.9 и 32.6 м³/с. Первые ледовые явления – припай – появляются с
288 середины ноября, а образование сплошного ледяного покрова – в декабре.
289 Наибольшая толщина льда наблюдается перед таянием, ранней весной. Выше
290 Владивостокской ТЭЦ в холодный период года на реке отмечается зимняя межень. В
291 нижнем течении реки в результате хозяйственной деятельности зимний режим реки
292 устойчиво нарушен в силу постоянного поступления тёплых сточных вод; ледовые
293 явления не наблюдаются.

294 Водный режим р. Первая Речка в исходном ландшафтном отношении
295 аналогичен другим рекам полуострова Муравьёва-Амурского. Средний многолетний
296 расход воды в устье составляет 0.044 м³/с; минимальный расход воды 95%-й
297 обеспеченности составляет 0.020 м³/с. Максимальные расходы воды 1 и 10%-й
298 обеспеченности составляют соответственно 203 и 77.2 м³/с.

299 Водосбор р. Вторая Речка имеет более короткую в сравнении с предыдущими
300 реками историю освоения, но степень его преобразования сопоставима с ними, в
301 связи с чем гидрологический режим реки существенно изменен. Летняя межень здесь
302 выражена слабо, наступает в среднем через неделю после прохождения очередного
303 паводка и продолжается в среднем 20–30 дней до очередных значимых осадков. В
304 засушливые годы река и ее притоки могут пересыхать на перекатах. Расчётные
305 максимальные расходы воды в паводки низкой обеспеченности 1% и 10% составляют
306 соответственно 407 и 155 м³/с; средний многолетний расход воды составляет 0.046
307 м³/с, а минимальный расход 95%-ой обеспеченности – 0.021 м³/с. Сток данной реки в
308 два раза больше, чем сток р. Первая Речка, несмотря на то, что площади их
309 водосборов близки по величине. Предположительно, высокие модули стока связаны с
310 большей общей протяженностью и крутизной склонов долины р. Вторая Речка (см.
311 табл. 1), а также плотной застройкой и обширными участками с искусственными
312 непроницаемыми покрытиями.

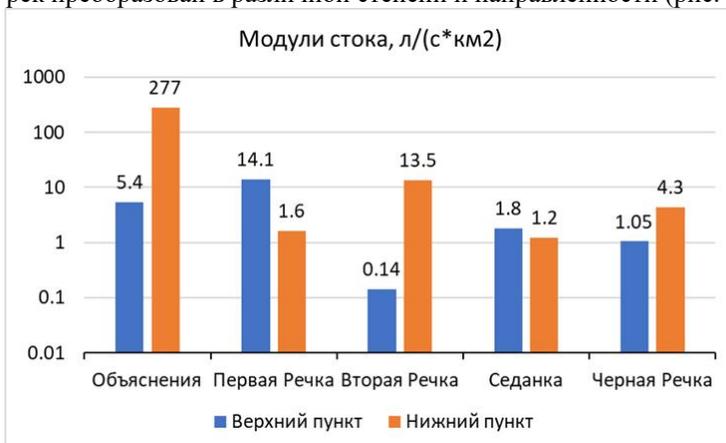
313 Бассейн р. Седанка в верхней части сравнительно слабо нарушен и имеет
314 водный режим, близкий к естественному. Несмотря на наибольшие из
315 рассматриваемых площадь водосбора и общую протяжённость русловой сети, эта
316 река в нижней части имеет сток, сопоставимый по величине с другими изученными
317 реками. Этому способствует естественная лесная растительность, сохранившаяся на
318 большей части водосбора, и наличие в низовьях регулятора стока – водохранилища
319 Пионерское, построенного в 1960-х гг. Расчётные значения среднего многолетнего
320 расхода воды для верхней части бассейна, где влияние водохранилища практически
321 исключено, составляют 0.067 м³/с; минимальный расход воды при 95%-й
322 обеспеченности – 0.031 м³/с; максимальные расходы воды обеспеченности 1 и 10%
323 составляют 596 м и 227 м³/с, соответственно.

324 Чёрная Речка — водоток, наименее изученный в гидрологическом отношении.
325 Расчётный средний многолетний расход воды в устье составляет 0.022 м³/с;
326 минимальный расход воды 95%-й обеспеченности составляет 0.010 м³/с.

327 Максимальные расходы воды обеспеченности 1 и 10% составляют 73.6 и 27.9 м³/с.

328 Воздействие городской застройки на водосборы исследуемых рек приводит к
329 изменению их гидрологического режима. Данных о стоке, полученных в 2022 году,
330 далеко недостаточно для прямой численной оценки изменения доли поверхностного
331 стока в общем его объёме. Тем не менее, изменение суточных значений слоя стока
332 1%-ой обеспеченности (вероятности превышения 1 раз в 100 лет), обычно связанных
333 здесь с сильными дождевыми паводками, варьируют от 9 до 205 мм. Минимальные
334 оценочные значения оказываются заметно ниже, а максимальные – в 1.5–2 раза выше
335 в сравнении с аналогичными характеристиками ненарушенных рек юга
336 Тихоокеанской России [22]. Урбаногенное повышение экстремального слоя стока
337 обеспеченности 1% связано с более вероятным появлением поверхностного стока во
338 время выпадения осадков в связи с покрытием значительных территорий
339 водонепроницаемыми материалами (асфальт, бетон, их производные). Снижение
340 максимального слоя стока обеспеченности 1% может быть обусловлено
341 неопределённостью значений расхода воды и/или потерями стока, вызванными
342 строительством котлованов, искусственным водоотведением, отсыпкой грунта и пр.

343 Предварительный анализ удельного измеренного стока показал, что режим
344 исследуемых рек преобразован в различной степени и направленности (рис. 2).



345 **Рис. 2.** Сток рек, измеренный в верхних и нижних пунктах наблюдений. Октябрь 2022 г.

346 **Fig. 2.** River flow rates measured in the upper and the lower observation sites. October 2022.

347 Р. Чёрная Речка рассматривается в данном контексте как фоновая, т.е. от
348 верховьев к низовьям в условиях, наименее подверженных изменению в результате
349 застройки, модули стока возрастают. Модуль стока Первой Речки сократился почти в
350 десять раз, предположительно, благодаря сокращению стокоформирующей площади
351 водосбора, несмотря на множество участков с водонепроницаемым покрытием.
352 Удельный сток р. Седанки фактически не изменился за счёт регулирующего влияния
353 водохранилища. Модуль стока р. Вторая Речка в нижнем пункте наблюдений
354 оказался на порядок выше по сравнению с верхним, что связано с дополнительным
355 боковым притоком коллекторных вод.

356 Уникальная ситуация наблюдается на р. Объяснения – модуль стока в нижнем
357 пункте почти в 51 раз больше, чем в верхнем. Это связано с тем, что река в нижнем
358 течении утратила свои естественные черты: сток во времени практически не
359 меняется, т.к. его объем, а также термический режим и химический состав воды в
360 основном контролируются сбросами воды из системы охлаждения турбин ВТЭЦ-2
361 [23].

362 Воды исследуемых рек нейтральные или слабощелочные: величины pH в них
363 составляют 6.4–7.7. В верховьях всех пяти рек воды низко минерализованные с
364 близкими значениями концентраций хлоридов, сульфатов и гидрокарбонатов, с
365 незначительным преобладанием одного из анионов, а среди катионов доминируют
366 натрий и кальций. В нижнем течении всех изученных рек их воды приобретают

367 гидрокарбонатно-кальциевый состав, характерный для рек региона [24].
 368 Исключением является р. Объяснения, в низовьях которой воды становятся
 369 хлоридно-натриевыми.

370 Температура воды в нижних пунктах существенно выше температуры в верхних.
 371 Особенно выделяется р. Объяснения: в низовьях 21.2°C против 9.7°C в верховьях за
 372 счёт сброса нагретой воды из системы охлаждения ВТЭЦ-2. Для р. Седанка различия
 373 температуры между верхним и нижним пунктом отбора проб незначительны (табл.
 374 2).

375 Концентрации и степень насыщения воды растворённым кислородом в водных
 376 экосистемах являются важным показателем экологического благополучия.
 377 Поскольку растворимость кислорода сильно зависит от температуры воды, более
 378 объективным показателем является не концентрация растворённого кислорода, а
 379 именно степень насыщения кислородом (O₂, %), показывающая, насколько вода
 380 обогащена или обеднена кислородом относительно полного насыщения при данной
 381 температуре [25]. Для верховий всех пяти рек характерно относительно высокое
 382 содержание кислорода (табл. 2). В низовьях изученных рек наблюдаются резкие
 383 различия. Наименьшим насыщением кислородом выделяются низовья Первой Речки
 384 (68.5%), воды которой имеют серый цвет и запах нефтепродуктов. Кислород
 385 расходуется на окисление органических загрязнителей в воде [25]. Насыщенность
 386 кислородом воды низовьев Черной Речки достигает 76.7%. Её воды не имеют цвета,
 387 но отличаются сильным гнилостным запахом. Более высокие концентрации
 388 кислорода обнаружены в низовье Второй Речки (85.0%), при этом характерной
 389 особенностью ее вод является серо-желтый цвет и запах сероводорода. Приустьевые
 390 воды р. Седанки отличаются самым высоким насыщением кислородом (140%).

391
 392
 393

Таблица 2.

Основные физико-химические и органолептические показатели вод изученных рек
 Table 2. Main physical-chemical and organoleptic characteristics of the water of the rivers studied

№ участка	УЭП, мкС/см	М, мг/л	Т, °С	рН	Запах	ВВ, мг/л	O ₂ , мг/л	O ₂ , %
О-1	307	188.3	9.7	6.7	Без запаха	89.2	<u>12.1-13.2</u> 12.5(3)	<u>99-107.9</u> 102.4(3)
О-2	-	54845	21.2	7.7	Гнилостный, сероводородный, сильный	8.6	<u>0.85-0.98</u> 0.92(3)	<u>95.8-100.2</u> 98.1(3)
Р-3	158	99.0	10.6	7.3	Без запаха	14.5	<u>11.7-13.5</u> 12.5(3)	<u>96.4-111.6</u> 103.3(3)
Р-4	440	316.4	15.7	6.9	Нефтяной, сильный	6.4	<u>6.0-9.0</u> 7.5(3)	<u>54.7-81.3</u> 68.5(3)
V-5	56	35.1	9.5	6.9	Без запаха	13.6	<u>13.3-15.5</u> 14.2(3)	<u>109.3-127.2</u> 116.6(3)
V-6	330	234.4	18.8	7.0	Гнилостный, сероводородный, отчетливый	3.4	<u>9.1-9.3</u> 9.2(3)	<u>84.5-86.0</u> 85.0(3)
S-7	52	38.9	7.5	6.4	Без запаха	2.8	<u>13.1-15.3</u> 14.2(3)	<u>105.4-122.5</u> 113.6(3)
S-8	206	185.6	7.1	7.7	Гнилостный, лёгкий	2.6	<u>12.7-18.5</u> 15.7(3)	<u>113.8-164.4</u> 140(3)
С-9	111	85.9	6.5	6.9	Без запаха	3.2	<u>10.0-13.8</u> 11.4(3)	<u>81.9-109.4</u> 90(3)
С-10	180	156.9	8.5	6.9	Гнилостный, сероводородный, сильный	2.4	<u>8.8-9.2</u> 9.0(3)	<u>75.2-78.2</u> 76.7(3)

394
 395
 396

УЭП – удельная электропроводность воды; М – минерализация воды; ВВ – взвешенное вещество; прочерк означает, что величина не определялась; в скобках указано количество опробований

397 Содержание взвешенных веществ воды зависит не столько от антропогенной
 398 нагрузки на водосбор, сколько от состава слагающих его горных пород. Наибольшая
 399 концентрация взвеси была отмечена в верхнем течении р. Объяснения, которая,
 400 по-видимому, связана с высоким содержанием глинистого и суглинистого материала
 401 в подстилающих породах, активным оврагообразованием на фоне общей

402 нарушенности естественного почвенного покрова. В остальных реках, дренирующих
 403 урбанизированные территории, содержание взвеси колебалась в пределах 6.4–14.5
 404 мг/л. Количество взвеси в реках, относительно мало подверженных урбанизации, не
 405 превышает 3.5 мг/л. Необходимо отметить, что наблюдается уменьшение содержания
 406 взвеси в водотоках по длине – от верхних створов к нижним. Это может быть связано
 407 как с незавершенным руслоформированием и активной эрозией склонов в верховьях
 408 исследуемых рек, так и общим сокращением источников поступления взвешенного
 409 вещества в их среднем и нижнем течении при строительстве искусственных твёрдых
 410 покрытий и бетонных ограждений вдоль русел.

411 Минерализация исследуемых вод изменяется в широких пределах и отличается
 412 минимальными величинами в верховьях Второй Речки и Седанки и экстремально
 413 высоким значением в низовьях р. Объяснения (табл. 3), что связано со сбросом в реку
 414 морской воды. О присутствии здесь морской воды свидетельствуют и другие
 415 показатели макросостава: концентрации Na, K, Ca, Mg, SO₄ и, особенно, Cl,
 416 благодаря которым она приобретает не характерный для пресных вод
 417 хлоридно-натриевый состав.

418 Содержание РОУ, как суммарного показателя концентрации растворённых
 419 органических веществ, в водах «условно чистых» участков верховьев рек изменялось
 420 в интервале от 1.5 до 2.2 мг/л, возрастая в низовьях до 2.8–3.9 мг/л (табл. 3). Эти
 421 диапазоны концентраций близки к данным, полученным в межень 2011 г. (декабрь)
 422 для рек Объяснения, Первая Речка, Вторая Речка, Чёрная Речка и Седанка.

423
 424
 425

Таблица 3

Гидрохимические показатели вод изученных рек
 Table 3. Chemical features of the water of the studied rivers

№ участка	Na	K	Ca	Mg	HCO ₃	SO ₄	Cl	NO ₃	РОУ	Р общ.
	мг/л									
О-1	15.7	1.4	17.9	7.3	31.1	59.9	32.2	22.8	2.2	0.004
О-2	8028.6	220.5	645.4	1156.4	134.2	5160	39500	-	2.8	0.059
Р-3	7.9	1.2	12.1	3.3	36.0	23.3	13.2	2.0	1.3	0.002
Р-4	23.7	2.9	37.6	7.9	119.1	68.0	44.5	12.7	3.9	0.164
V-5	3.4	0.6	3.4	1.1	11.7	6.9	5.8	2.2	1.3	0.004
V-6	18.2	2.2	29.5	6.9	91.3	38.5	33.7	14.1	3.8	0.291
S-7	3.7	0.3	3.6	1.1	15.1	6.1	6.1	2.9	1.4	0.003
S-8	15.1	1.5	22.6	5.4	80.5	25.4	22.5	12.6	2.3	0.010
С-9	7.2	0.8	10.3	3.1	27.8	10.8	22.7	3.2	1.4	0.004
С-10	11.8	1.3	20.3	4.9	73.7	21.0	17.8	6.1	2.5	0.140

426 Прочерк означает, что значение не определялось

427

428 Однако следует подчеркнуть, что в декабре 2011 г. в низовьях Второй Речки
 429 концентрации РОУ в воде были повышены ниже моста по ул. 100-летия
 430 Владивостоку и в устье: 4.4 мг/л и 14.9 мг/л, соответственно [26]. Данный факт
 431 можно объяснить эффектом работы очистных сооружений, введённых в действие в
 432 период с 2012 по 2015 гг.

433 Концентрация нитратов в верховьях рек Первая Речка и Вторая Речка
 434 сопоставима с их содержанием в воде «условно чистых» участков. В нижних
 435 течениях его содержание в 2–6 раза выше. Необходимо отметить, что в верхнем
 436 течении р. Объяснения (выше ТЭЦ) концентрация нитратов самая высокая и в 1.5
 437 раза выше, чем в водах низовьев остальных рек. Концентрации нитритов, в
 438 поверхностных водах незагрязнённых рек, не превышают сотых долей мг/л [25].
 439 Высокие содержания нитритов отмечены в нижнем течении рек Первая Речка (1.28
 440 мг/л), Вторая Речка (0.89 мг/л) и Седанка (0.07 мг/л), что подтверждает биогенное
 441 загрязнение этих рек. На остальных исследуемых участках рек содержание нитритов
 442 ниже 0.01 мг/л.

443 Об уровнях загрязнения водотоков и интенсивности антропогенного
 444 воздействия на них свидетельствуют данные о содержании суммарного
 445 растворённого фосфора. Как видно, они подтверждают уже отмеченную ранее
 446 наибольшую загрязнённость низовий трёх рек: Второй Речки, Первой Речки и

447 Чёрной Речки, а также повышенную – в реке Объяснения (табл. 3). В остальных
 448 пунктах отбора диапазон концентраций суммарного фосфора лежит в пределах 2–10
 449 мкг/л. Содержание общего растворённого фосфора в верховьях исследованных реках
 450 сопоставимо с данными, приведёнными по минеральному фосфору для заповедных
 451 рек Хабаровского края [14]. Концентрации фосфора в водах низовий рек г.
 452 Владивостока сравнимы с городскими реками г. Хабаровска, опробованными в
 453 зимний период [14].

454 Содержание металлов в изучаемых реках свидетельствует о природных,
 455 антропогенных и техногенных факторах, воздействующих на водную среду. Для
 456 концентрации растворённых форм металлов (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cd) в водах
 457 исследуемых рек (табл. 4) наблюдается та же пространственная зависимость, что и
 458 для биогенных элементов – увеличение концентраций от верхних участков к нижним.
 459 К природным процессам, обуславливающим поступление соединений железа в
 460 поверхностные воды, относятся процессы химического выветривания горных пород
 461 [27]. Анализ полученных данных показывает, что содержание растворённого железа
 462 в водотоках, относительно слабо преобразованных человеком (низовья Седанки и
 463 Чёрной Речки), в 2–4 раза выше, по сравнению с реками, дренирующими городскую
 464 территорию.

465 Содержание растворённого марганца в «условно чистых» реках (реки Седанка и
 466 Чёрная Речка) не превышает 3 мкг/л. Содержание марганца, возрастающее в
 467 восстановительных условиях, прямо связано с концентрацией растворённого
 468 кислорода: чем оно ниже (например, низовья Первой Речки), тем концентрация
 469 марганца выше. Это наблюдение подтверждают также данные для низовий Чёрной
 470 Речки (табл. 2, 4).

Таблица 4.

Содержание растворённых форм металлов в водах изученных рек (мкг/л)
 Table 4. Concentrations of dissolved forms of metals in the sampling sites of the studied rivers (µg/l)

№ участка	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
О-1	7.8	8.4	1.2	0.09	0.39	0.14	1.20
О-2	4.6	14.3	3.4	0.92	0.93	0.37	2.98
Р-3	5.6	11.5	1.5	0.18	0.35	0.09	1.28
Р-4	11.9	165.4	3.6	1.42	1.2	0.42	3.06
У-5	12.5	30.2	2.3	<0.05	0.6	0.17	2.38
У-6	17.7	37.2	11.0	4.16	0.64	0.22	4.96
С-7	11.0	1.6	0.9	0.09	0.06	0.04	0.21
С-8	60.1	24.4	2.1	1.15	0.62	0.16	1.24
С-9	8.0	2.6	0.8	<0.05	0.05	0.04	0.99
С-10	28.9	102.8	1.5	0.55	0.92	0.40	1.11
ПДК [30].	100	10	10	1	6	5	10

474 В остальных точках отбора содержание марганца в 3–10 раз выше, по
 475 сравнению с «условно чистыми» участками и сопоставимы или выше ПДК для
 476 рыбохозяйственных объектов. Таким образом, выявлено превышение ПДК по Mn в
 477 низовьях Седанки, Второй Речки, Чёрной Речки и Первой Речки на уровне 2 ПДК, 3
 478 ПДК, 10 ПДК и 16 ПДК, соответственно. В целом, концентрации растворённого
 479 железа и марганца в исследованных речных водах сопоставимы с данными,
 480 полученными ранее для относительно чистых, а также городских рек Приморья [24,
 481 28–29].

483 Концентрация растворённого цинка в водотоках мало изменчива и невелика, не
 484 превышает первых мкг/л, только в нижнем течении реки Вторая Речка концентрация
 485 увеличивается в 5 раз. Содержание растворённой меди в верховьях всех рек не
 486 превышает 0.1 мкг/л. В низовьях концентрация меди повышается на порядок. В
 487 нижнем течении р. Вторая Речка концентрация меди возрастает в 40 раз.
 488 Максимальные концентрации цинка и меди в водах низовья Второй Речки
 489 превышают ПДК для вод рыбохозяйственного назначения, что свидетельствует о
 490 техногенном загрязнении вод реки.

491 Концентрации никеля, кадмия и свинца, источником которых в пределах

492 городских агломераций являются промышленные предприятия (в том числе
493 машиностроительные, имеющие гальванические участки [28]), в исследуемых реках
494 не достигают ПДК, но выявляют загрязненные участки относительно фоновых. В р.
495 Объяснения и Первой Речке концентрации свинца и кадмия повышаются от
496 верховьев к устью в 2–4 раза, для вод Седанки и Черной Речки они возрастают в 4–10
497 раз. В водах р. Вторая Речка концентрации этих металлов сравнимы, что возможно
498 связано с более плотной застройкой водосбора. Изменение содержания никеля по
499 длине исследуемых рек повторяет картину распределения кадмия и свинца.
500 Максимальным содержанием никеля отличается приустьевой участок р. Вторая
501 Речка (табл. 4). Повышенные содержания кадмия и свинца отмечены в низовьях рек
502 Первая Речка, Объяснения и Черная Речка. Различие в концентрациях
503 рассматриваемых элементов в водотоках свидетельствует о качественно различном
504 характере техногенного воздействия на эти реки.

505 Полученные данные о химическом составе основных рек г. Владивостока
506 свидетельствуют об улучшении их геоэкологического состояния по сравнению с
507 периодом 1999–2011 гг. [24, 31], что может быть связано с вводом дополнительных
508 городских очистных сооружений в 2012–2015 гг. За 10–12 лет в водах р. Вторая
509 Речка произошло снижение концентраций общего растворённого фосфора на
510 порядок, РОУ – в 4 раза, а растворённых форм железа, марганца и цинка – в два раза
511 [26, 31]. В р. Объяснения выявлено снижение содержания фосфора, растворённых
512 форм железа и марганца. За этот же период (2022 г. по сравнению с 1999–2011 гг.) в
513 устье р. Первая Речка отмечено увеличение содержания многих растворённых
514 веществ.

515 **Заключение**

516 В границах развивающейся Владивостокской агломерации отмечены как крайне
517 загрязненные, так и сравнительно мало затронутые речные экосистемы, что связано с
518 различной степенью (возрастом) преобразования водосборов данных рек.
519 Полученные авторами данные подтверждают тот факт, что в результате урбанизации
520 речные воды испытывают существенные изменения гидрологических и
521 гидрохимических характеристик. Эти изменения зависят от характера и времени
522 урбанистического воздействия.

523 В реках с наименее освоенными под городскую застройку водосборами модули
524 стока возрастают от верховьев к низовьям в несколько раз (р. Чёрная Речка). В
525 процессе урбанизации строительство участков с водонепроницаемым покрытием,
526 системы ливневой канализации, бетонных лотков и стенок в руслах водотоков,
527 котлованов и прудов-отстойников и др. изменяет условия стокоформирования в
528 противоположных направлениях – потери стока могут как увеличиваться, так и
529 снижаться. В частности, удельный сток р. Первая Речка от верховьев к устью
530 снижается почти в десять раз, предположительно, благодаря общему сокращению
531 стокоформирующей площади водосбора. Удельный сток р. Седанка фактически не
532 изменяется за счёт регулирующего влияния Пионерского водохранилища. Модуль
533 стока Второй Речки в нижнем пункте наблюдений оказался на порядок выше по
534 сравнению с верхним, что, вероятно, связано с дополнительным боковым притоком
535 коллекторных ливневых вод и преобладающим влиянием водонепроницаемых
536 участков. Нижний участок р. Объяснения превращён в коллектор морских
537 растеплённых вод, непрерывно сбрасываемых из системы охлаждения
538 Владивостокской ТЭЦ-2, в связи с чем удельный сток воды в устьевом участке реки
539 более, чем в 50 раз превышает таковой для ее верховьев.

540 От верхних участков рек к нижним наблюдается общее увеличение значений
541 физико-химических параметров и распределения концентраций изучаемых
542 растворённых веществ. По величине изменения температуры воды между верхними и
543 нижними пунктами отбора реки можно выстроить в ряд: Объяснения > Вторая
544 Речка > Первая Речка > Чёрная Речка > Седанка. По насыщенности кислородом
545 наиболее ярко различаются низовья изученных рек. Наименее насыщены кислородом

546 воды рек Первая Речка, Чёрная Речка и Вторая Речка. Содержание нитритов,
547 фосфора и других биогенных компонентов в низовьях давно освоенных рек
548 (Объяснения, Первая Речка, Вторая Речка) не достигают ПДК, при этом в водах всех
549 рек оно многократно повышается от верховьев к устью. Концентрации металлов в
550 водах рассматриваемых рек соответствуют величинам, установленным ранее для рек
551 Приморского края [24, 28–29]. Однако выявлено превышение ПДК (для объектов
552 рыбохозяйственного значения) по Си в низовьях Первой и Второй Речек в 1.5 и 4
553 раза, соответственно. Установлено превышение ПДК по Mn в низовьях Седанки,
554 Второй Речки, Чёрной Речки и Первой Речки на уровне 2 ПДК, 3 ПДК, 10 ПДК и 16
555 ПДК, соответственно. На основании сравнения с данными прошлых лет подтвержден
556 вывод об устойчивом загрязнении вод рек Первая и Вторая Речки, а также о
557 существенной трансформации вод р. Объяснения.

558 Важно подчеркнуть, что знания о гидрологических процессах на реках
559 полуострова Муравьёва-Амурского отрывочны и носят несистематический характер.
560 Необходимы дальнейшие исследования сезонной и многолетней динамики стока,
561 температуры воды, взвешенных и растворенных веществ в водах тестовых
562 (модельных) рек, в различной степени подверженных урбанизации. Необходимы
563 дальнейшие тщательные комплексные исследования состояния городских и
564 пригородных речных экосистем для выявления рек, нуждающиеся в первоочередных
565 мерах по их восстановлению. Зарубежный опыт показывает, что восстановление
566 городских речных экосистем требует стратегического планирования, взвешенных
567 управленческих решений и немалых инвестиций в развитие здоровой городской
568 среды [5, 17].

569 Литература

- 570 1. Booth D.B., Roy A.H., Smith B., Capps K.A. Global perspectives on the urban stream
571 syndrome // *Freshwater Science*. 2015. V. 35, № 1. P. 412–420.
- 572 2. Shahadi T.D. Degradation and Improvement of Urban River Water Quality // *Water*
573 *Quality – Factors and Impacts*. London: IntechOpen, 2021. P. 1–22 [Электронный ресурс].
574 Режим доступа: <https://www.Intechopen.com/chapters/77293> (дата обращения
575 08.04.2024).
- 576 3. Zerega A., Simões N.E., Feio M.J. How to improve the biological quality of urban
577 streams? Reviewing the effect of hydromorphological alterations and rehabilitation
578 measures on benthic invertebrates // *Water*. 2021. V. 13, № 2087. P. 1–13.
- 579 4. Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Христофорова Н.К., Дроздов К.А., Шамов В.В.,
580 Жарикова Е.А., Клышевская С.В., Ковековдова Л.Т., Юрченко С.Г., Болдескул А.Г.,
581 Луценко Т.Н., Лупаков С.Ю., Бортин Н.Н., Горчаков А.М. Проблемы экологического
582 состояния урбанизированных водотоков на территории Владивостокской городской
583 агломерации // *Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова*. 2023. № 10. С.
584 55–66.
- 585 5. Booth D.B. Urbanization and the natural drainage system – impacts, solutions, and
586 prognoses // *Northwest Environmental Journal*. 1991. № 7. P. 93–118.
- 587 6. Meyer J., Paul M., Taulbee W. Stream ecosystem function in urbanizing landscapes //
588 *Journal of the North American Benthological Society*. 2005. № 24. P. 602–612.
- 589 7. Kehoe L.J., Lund J., Chalifour L., Asadian Ye., Balke E., Boyd S., Carlson D., Casey
590 J.M., Connors B., Cryer N., Drever M.C., Hinch S.G., Levings C., MacDuffee M.,
591 McGregor H., Richardson J., Scott D.C., Stewart D., Vennesland R.G., Wilkinson C.E.,
592 Zevit P., Baum J.K., Marti T.G. Conservation in heavily urbanized biodiverse regions
593 requires urgent management action and attention to governance // *Conservation Science and*
594 *Practice*. 2020. №3. P. 1–15.
- 595 8. Walsh C.J., Roy A.H., Feminella J.W., Cottingham P.D., Groffman P.M., Morgan R.P.

- 596 The Urban Stream Syndrome: Current Knowledge and the Search for a Cure // Journal of
597 the North American Benthological Society. 2005. № 24. P. 706–723.
- 598 9. Беркович К.М., Сидорчук А.Ю. Устойчивость русел рек Европейской России и
599 ее оценка в связи с антропогенными нагрузками на реки и их бассейны // Проблемы
600 оценки экологической напряженности Европейской территории России: факторы,
601 районирование, последствия. М.: Изд-во Моск.ун-та, 1996. P. 77–87.
- 602 10. Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические
603 проблемы. Аналитический обзор. Серия Экология. Вып. 64. Новосибирск: ГПНТБ
604 СО РАН, 2002. 114 с.
- 605 11. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. Формирование химического состава вод озер в
606 условиях изменения окружающей среды. М.: Наука, 2010. 268 с.
- 607 12. Усманова Л.И. Характеристика химического состава речных вод на территории
608 и в окрестностях города Читы // Успехи современного естествознания. 2018. № 7. С.
609 200–208.
- 610 13. Сабылина А.В., Ефремова Т.А., Икко О.И. Химический состав поверхностных
611 сточных и речных вод, поступающих с территории города Петрозаводска в Онежское
612 озеро // Известия РГО. 2022. № 4. С. 39–53.
- 613 14. Шестёркин В.П., Афанасьева М.И., Шестёркина Н.М. Особенности качества
614 воды малых рек Хабаровска в зимний период // Геоэкология. Инженерная геология,
615 гидрогеология, геокриология. 2019. № 3. С. 42–51.
- 616 15. Шестеркин В.П., Синькова И.С., Шестеркина Н.М. Солевой состав вод малых
617 рек центральной части Хабаровска в период весеннего половодья // Региональные
618 проблемы. 2022. Т. 25, № 3. С. 60–62.
- 619 16. Ксенофонтова М.И., Легостаева Я.Б., Ябловская П.Е., Трофимова Л.Н.
620 Характеристика химического состава вод и донных отложений крупных водоемов г.
621 Якутска // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. № 4. С.
622 493–500.
- 623 17. Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Клышевская С.В., Дроздов К.А., Жарикова Е.А.
624 Проблемы загрязнения водотоков урбанизированных территорий и пути их решения
625 на примере реки Вторая Речка (Владивосток, Приморский Край) // Чтения памяти
626 Владимира Яковлевича Леванидова. 2021. № 9. С. 43–59.
- 627 18. Жарикова Е.А., Клышевская С.В., Попова А.Д., Вшивкова Т.С., Никулина Т.В.,
628 Иваненко Н.В. Экологическое состояние вод, донных осадков и почв долины р.
629 Вторая Речка (по химическим и микробиологическим показателям) // Чтения памяти
630 Владимира Яковлевича Леванидова. 2021. № 9. С. 71–76.
- 631 19. Тащи С.М., Мясников Е.А. Геолого-геоморфологические системы территории
632 агломерации Владивосток–Артем: Учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2003.
633 181 с.
- 634 20. Chelation / Solvent Extraction System for the determination of Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni,
635 Pb, Zn in natural waters. Applied Geochemistry Research Group. Technical
636 Communication. L.: Imperial College of Science and Technology, 1975. V. 62. P. 1–24.
- 637 21. СП 33-101-2003. Определение основных расчётных гидрологических
638 характеристик. Москва, 2004. 36 с.
- 639 22. Гарцман Б.И. Дождевые паводки на реках юга Дальнего Востока: методы
640 расчетов, прогнозов, оценок риска. Владивосток: Дальнаука, 2008. 223 с.
- 641 23. Боргин Н.Н., Горчаков А.М. Трансформация гидрологического и термического
642 режимов р. Объяснения и бухты Золотой Рог в результате сброса морской воды с
643 Владивостокской ТЭЦ-2 // Водное хозяйство России: проблемы, технологии,
644 управление. 2023. № 5. С. 54–70.

- 645 24. Чудаева В.А., Чудаев О.В. Особенности химического состава воды и взвесей рек
646 Приморья (Дальний Восток России) // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30, № 2. С.
647 102–119.
- 648 25. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеорологическое из-во, 1953. 296 с.
- 649 26. Луценко Т.Н. Вынос органического углерода в прибрежные воды полуострова
650 Муравьева-Амурского // Устойчивое природопользование в прибрежно-морских
651 зонах. 2013. С. 286–289.
- 652 27. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных
653 поверхностных водах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 272 с.
- 654 28. Шулькин В.М., Богданова Н.Н., Киселев В.И. Металлы в речных водах
655 Приморского края // Геохимия. 2007. № 1. С. 79–88.
- 656 29. Кожевникова Н.К., Болдескул А.Г., Луценко Т.Н., Шамов В.В., Еловский Е.В.,
657 Касуров Д.А. Микроэлементы в речных водах горно-лесных бассейнов (Юг Дальнего
658 Востока России) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг
659 георесурсов. 2022. Т. 333. № 6. С. 190–205.
- 660 30. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552 "Об утверждении нормативов
661 качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе
662 нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных
663 объектов рыбохозяйственного значения" // Электронный фонд правовых и
664 нормативно-технических документов. [Электронный ресурс]. Режим доступа:
665 <https://docs.cntd.ru/document/420389120?ysclid=lvq2vx7kd1823773583> (дата обращения
666 10.03.2024)
- 667 31. Юрченко С.Г. Миграция химических элементов в водных объектах с различной
668 антропогенной нагрузкой: юг Дальнего Востока России. автореф. дис. ... канд. геогр.
669 наук. Владивосток, 2004. 22 с.

670 **References**

- 671 1. Booth, D.B.; Roy, A.H.; Smith, B.; Capps, K.A. Global perspectives on the urban
672 stream syndrome. *Freshwater Science*. 2015, 35 (1). 412–420.
- 673 2. Shahadi, T.D. Degradation and improvement of urban river water quality. In: *Water*
674 *Quality – Factors and Impacts*; IntechOpen: London, UK, 2021, 1–22. Available online:
675 <https://www.Intechopen.com/chapters/77293> (accessed on 08.04.2024)
- 676 3. Zerega, A.; Simões, N.E.; Feio, M.J. How to improve the biological quality of urban
677 streams? Reviewing the effect of hydromorphological alterations and rehabilitation
678 measures on benthic invertebrates. *Water*. 2021, 13 (2087). 1–13.
- 679 4. Vshivkova, T.S.; Nikulina, T.V.; Khristoforova, N.K.; Drozdov, K.A.; Shamov, V.V.;
680 Zharikova, E.A.; Klyshevskaya, S.V.; Kovekovdova, L.T.; Yurchenko, S.G.; Boldeskul,
681 A.G.; Lutzenko, T.N.; Lupakov, S.Yu.; Bortin, N.N.; Gorchakov, A.M. Problems of the
682 ecological state of urbanized streams in the territory of the Vladivostok city agglomeration.
683 *Proceedings of the V.Ya. Lavanidov's Memorial Meetings*. 2023, 10. 55–66 (In Russian)
- 684 5. Kehoe, L.J.; Lund, J.; Chalifour, L.; Asadian, Ye.; Balke, E.; Boyd, S.; Carlson, D.;
685 Casey, J.M.; Connors, B.; Cryer, N.; Drever, M.C.; Hinch, S.G.; Levings, C.; MacDuffee,
686 M.; McGregor, H.; Richardson, J.; Scott, D.C.; Stewart, D.; Vennesland, R.G.; Wilkinson,
687 C.E.; Zevit, P.; Baum, J.K.; Marti, T.G. Conservation in heavily urbanized biodiverse
688 regions requires urgent management action and attention to governance. *Conservation*
689 *Science and Practice*. 2020, 1–15.
- 690 6. Booth, D.B. Urbanization and the natural drainage system—impacts, solutions, and
691 prognoses. *Northwest Environmental Journal*. 1991, 7. 93–118.
- 692 7. Meyer, J.; Paul, M.; Taulbee, W. Stream ecosystem function in urbanizing landscapes.

- 693 Journal of the North American Benthological Society. 2005, 24. 602–612.
- 694 8. Walsh, C.J.; Roy, A.H.; Feminella, J.W.; Cottingham, P.D.; Groffman, P.M.; Morgan,
695 R.P. The Urban Stream Syndrome: Current Knowledge and the Search for a Cure. Journal
696 of the North American Benthological Society. 2005, 24. 706–723.
- 697 9. Berkovich, K.M.; Sidorchuk, A.Yu. Stability of river channels of European Russia and
698 its assessment in connection with anthropogenic impacts on rivers and their basins. In
699 Problems of environmental tension assessment of the European Territory of Russia: factors,
700 zoning, consequences; MGU: Moscow, Russia, 1996, 77–88. (In Russian).
- 701 10. Tkachev, B.P.; Bulatov, V.I. Small rivers: current state and environmental problems.
702 Analytical review. Series Ecology, 64. SPSTL SB RAS: Novosibirsk, Russia, 2002; 114 p.
- 703 11. Moiseenko, T.I.; Gashkina, N.A. Formation of chemical composition of lakes under
704 conditions of environmental change. Nauka: Moscow, Russia, 2010; 268 p. (In Russian)
- 705 12. Usmanova, L.I. Characteristics of the chemical composition of river waters in and
706 around the city of Chita. Successes of modern natural science. 2018, 7. 200–208. (In
707 Russian)
- 708 13. Sabylina, A.V.; Efremova, T.A.; Ikko, O.I. Chemical composition of surface drainage
709 and river waters coming from the area of the Petrozavodsk city to the Onego lake.
710 Proceedings of the Russian Geographical Society. 2022, 4. 39–53. (In Russian)
- 711 14. Shesterkin, V.P.; Afanas'eva, M.I.; Shesterkina, N.M. Features of the water quality in
712 small rivers of Khabarovsk in winter season. Geoekologiya. Inzheneraya geologiya,
713 gidrogeologiya, geokriologiya. 2019, 3. 42–51. (In Russian)
- 714 15. Shesterkin, V.P.; Sinkova, I.S.; Shesterkina, N.M. Salt composition in waters of the
715 Khabarovsk central part small rivers during spring flood. Regional problems. 2022, 25 (3).
716 60–62. (In Russian)
- 717 16. Ksenofontova, M.I.; Legocnaeva, Ya.B.; Yablovskaya, P.E.; Trofimova, L.M.
718 Characteristics of the chemical composition of waters and bottom sediments of large
719 reservoirs in Yakutsk. Current problems of the human and natural sciences. 2013, 4.
720 493–500. (In Russian)
- 721 17. Vshivkova, T.S.; Nikulina, T.V.; Klyshevskaya, S.V.; Drozdov, K.A.; Zharikova, E.A.
722 Problems of stream pollution located in urbanized territories and ways of solution on the
723 Vtoraya Rechka River example (Vladivostok, Primorye Territory). In Proceedings of the
724 Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings; FSCBEA FEB RAS: Vladivostok,
725 Russia, 2021, 43–59 (In Russian)
- 726 18. Zharikova, E.A.; Klyshevskaya, S.V.; Popova, A.D.; Vshivkova, T.S.; Nikulina, T.V.;
727 Ivanenko, N.V. Ecological state of the waters, bottom sediments and soils of the river
728 valley the Vtoraya Rechka River (according to chemical and microbiological indicators). In
729 Proceedings of the Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings; FSCBEA FEB
730 RAS: Vladivostok, Russia, 2021, 71–76 (In Russian)
- 731 19. Tashchi, S.M.; Myasnikov, E.A. Geological-geomorphological systems of
732 Vladivostok—Artem agglomeration territory. FESTU publishers: Vladivostok, Russia,
733 2003; 181 p. (In Russian)
- 734 20. Chelation / Solvent Extraction System for the determination of Cd, Co, Cu, Fe, Mn,
735 Ni, Pb, Zn in natural waters. In Applied Geochemistry Research Group. Technical
736 Communication, 62; Imperial College of Science and Technology: London, UK, 1975,
737 1–24.
- 738 21. Construction requirements 33-101-2003. Calculation of basic hydrological
739 characteristics. Moscow, 2004. 36 p.
- 740 22. Gartsman, B.I. Rain floods on rivers methods of calculation, forecasts, and risk
741 assessments. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2008; 223 p. (In Russian)

- 742 23. Bortin, N.N.; Gorchakov, A.M. Transformation of the hydrological and thermal
743 regimes of the Obyasneniya River and the Zolotoy Rog Bay resulted from seawater
744 discharge from the Vladivostok CHPP-2. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies,
745 Management*. 2023, 5. 54–70. (In Russian)
- 746 24. Chudaeva, V.A.; Chudaev, O.V. Specific features of chemical composition of the
747 water and suspended matter of the Primorye rivers (Far East Russia). *Russian Journal of
748 Pacific Geology*, 2011, 30 (2). 102–119. (In Russian)
- 749 25. Alyokin, O.A. Basics of hydrochemistry. Hydrometeorological publishing house:
750 Leningrad, Russia, 1953; 296 p. (In Russian)
- 751 26. Lutsenko, T.N. Flow of organic carbon into the coastal waters of the
752 Muravyov-Amursky Peninsula. In *Sustainable nature management in coastal-marine zones*.
753 Dalnauka Publ.: Vladivostok, Russia, 2013, 286–289 (In Russian)
- 754 27. Linnik, P.N.; Nabivanets, B.I. Forms of metals migration in fresh surface water.
755 *Hydrometeoizdat: Leningrad, Russia, 1986; 272 p. (In Russian)*
- 756 28. Shulkin, V.M.; Bogdanova, N.N.; Kiselev, V.I. Metals in the river waters of Primorye.
757 *Geochemistry International*. 2007, 45 (1), 70–79.
- 758 29. Kozhevnikova, N.K.; Boldeskul, A.G.; Lutsenko, T.N.; Shamov, V.V.; Elovskiy, E.V.;
759 Kasurov, D.A. Microelements in river water of mountain-forest basins (Southern Russian
760 Far East). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2022,
761 333 (6), 190–205 (In Russian)
- 762 30. Order of the Ministry of Agriculture of Russia. December 13, 2016, No 552 “On
763 approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including
764 standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of
765 water bodies of fishery importance”. Available online:
766 <https://docs.cntd.ru/document/420389120?ysclid=lvq2vx7kd1823773583> (accessed on
767 10.03.2024). (In Russian)
- 768 31. Yurchenko, S.G. Migration of chemical elements in water bodies with different
769 anthropogenic load: south of the Far East of Russia. Synopsis of Thesis Deg. Cand. Geogr.
770 Sci. Pacific Geographical Institute FEB RAS: Vladivostok, Russia, 2004; 22 p. (In Russian)